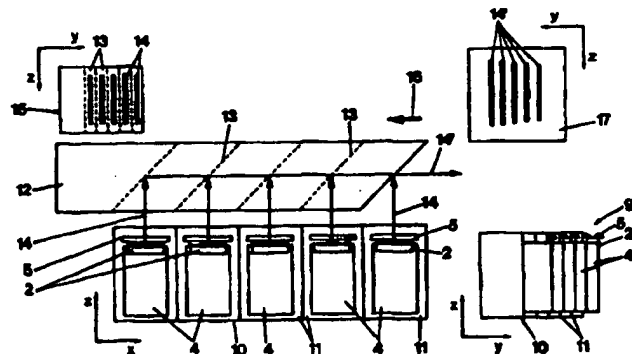


**PCT**WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G02B 27/09, 27/14	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/31284 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 28. August 1997 (28.08.97)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP97/00823 (22) Internationales Anmeldedatum: 20. Februar 1997 (20.02.97) (30) Prioritätsdaten: 196 06 859.2 23. Februar 1996 (23.02.96) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 68, D-80636 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DU, Keming [CN/DE]; Alexianergraben 12, D-52062 Aachen (DE). LOOSEN, Peter [DE/DE]; Meischenfeld 54, D-52076 Aachen (DE). (74) Anwalt: GRIMM, Ekkehard; Kurt-Blaum-Platz 1, D-63450 Hanau (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: DE, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>
(54) Title: ARRANGEMENT FOR SHAPING THE GEOMETRICAL CROSS-SECTION OF A PLURALITY OF SOLID AND/OR SEMICONDUCTOR LASERS		
(54) Bezeichnung: ANORDNUNG ZUR FORMUNG DES GEOMETRISCHEN QUERSCHNITTS MEHRERER FESTKÖRPER-UND/ODER HALBLEITERLASER		
(57) Abstract The invention concerns an arrangement for shaping the geometrical cross-section of a radiation field of a plurality of solid and/or semiconductor lasers, in particular a plurality of diode laser arrays or field arrangements whose beam-outlet openings extend in a direction lying in the x-y plane and whose ray beam is radiated in the z direction, the x, y and z directions establishing a rectangular co-ordinate system, with an optical structure for generating a defined cross-section for a radiation field. The optical structure comprises reflective elements onto which the radiation of the respective lasers or laser field arrangements is guided and at which the radiation is reflected. The arrangement according to the invention is characterized in that each laser or laser field arrangement is offset relative to the adjacent laser or laser field arrangement both in the x direction and in the y direction; and in that the reflection surfaces of the reflective elements are disposed in planes which are mutually offset and/or tilted such that the radiation portions reflected by the reflection surfaces are mutually offset perpendicular to the radiation diffusion direction with respect to the offset of the radiation outlet surfaces.		



(57) Zusammenfassung

Anordnung zur Formung des geometrischen Querschnitts eines Strahlungsfelds mehrerer Festkörper- und/oder Halbleiterlaser, insbesondere mehrerer Diodenlaserarrays bzw. -feldanordnungen, deren Strahlaustrittsöffnungen in einer in der x-y-Ebene liegenden Richtung verlaufen und deren Strahlenbündel in der z-Richtung abgestrahlt werden, wobei die x-, y- und z-Richtungen ein rechtwinkliges Koordinatensystem festlegen, mit einem optischen Aufbau zur Erzeugung eines definierten Querschnitts eines Strahlungsfelds, wobei der optische Aufbau reflektive Elemente aufweist, auf die die Strahlung der jeweiligen Laser oder Laserfeldanordnungen geführt wird und an denen die Strahlung reflektiert wird, die dadurch gekennzeichnet ist, daß jeder Laser oder jede Laserfeldanordnung in Bezug auf den benachbarten Laser oder die Laserfeldanordnung sowohl in x-Richtung als auch in y-Richtung zueinander versetzt ist und die daß Reflexionsflächen der reflektiven Elemente in Ebenen angeordnet sind, die einen Versatz und/oder eine Verkipfung derart zueinander aufweisen, daß die jeweiligen, von den Reflexionsflächen reflektierten Strahlungsanteile senkrecht zu der Strahlungsausbreitungsrichtung gegenüber dem Versatz der Strahlungsaustrittsflächen zueinander versetzt sind.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LX	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

PATENTANMELDUNG

"Anordnung zur Formung des geometrischen Querschnitts
mehrerer Festkörper- und/oder Halbleiterlaser"

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zur Formung des geometrischen Querschnitts eines Strahlungsfelds mehrerer Festkörper- und/oder Halbleiterlaser, insbesondere mehrerer Diodenlaserarrays bzw. -feldanordnungen, deren Strahlaustrittsöffnungen in einer in der x-y-Ebene liegenden Richtung verlaufen und deren Strahlenbündel in der z-Richtung abgestrahlt werden, wobei die x-, y- und z-Richtungen ein rechtwinkliges Koordinatensystem festlegen, mit einem optischen Aufbau zur Erzeugung eines definierten Querschnitts eines Strahlungsfelds, wobei der optische Aufbau reflektive Elemente aufweist, auf die die Strahlung der jeweiligen Laser oder Laserfeldanordnungen geführt wird und an denen die Strahlung reflektiert wird.

Diodenlaser sind aufgrund ihres hohen Wirkungsgrads und deren geringen Abmessungen von großem Interesse. Allerdings ist die Ausgangsleistung jedes einzelnen Diodenlaseremitters auf einige hundert mW begrenzt. Zur Steigerung der Leistungsfähigkeit werden Diodenlaseremitter in der pn-Übergangsebene als eine Emittengruppe zusammengefaßt. Eine solche Gruppe, die beispielsweise aus 20 Emittern aufgebaut ist, kann eine Leistung von einigen Watt abgeben. Zur weiteren Erhöhung der Ausgangsleistung werden darüberhinaus mehrere Emittengruppen in der pn-Übergangsebene nebeneinander angeordnet. Dadurch entsteht ein sogenannter Diodenlaserbarren, dessen Breite typischerweise 10 mm beträgt. Mit solchen Diodenlaserbarren können einige 10 Watt erzielt werden.

BESTÄTIGUNGSKOPIE

Für Anwendungen, wie beispielsweise auf dem Gebiet der Materialbearbeitung, werden allerdings Leistungen oberhalb einiger 100 Watt benötigt. Um zu diesen Leistungen zu gelangen, werden mehrere Diodenlaserbarren in der Fast-Richtung übereinander gestapelt. Es entsteht ein Diodenlaserstack bzw. eine Diodenlaserfeldanordnung, auch als Diodenlaserarray bezeichnet, wie dies in Figur 2 der beigegeführten Zeichnungen schematisch dargestellt ist. Eine detailliertere Beschreibung der Figur 2 ist in der nachfolgenden Beschreibung der einzelnen Figuren vorgenommen, auf die an dieser Stelle verwiesen wird.

Ein wesentliches Problem, insbesondere bei der Skalierung der Leistungen von Diodenlasern zu höheren Leistungen hin, ergibt sich durch die starken, thermischen Belastungen. Um ausreichend Wärme abzuführen, müssen entsprechende Wärmesenken für die Diodenemitter vorgesehen werden. Große Wärmesenken, d.h. entsprechend dimensionierte Kühlkörper, sind konträr zu dem Ziel, die Diodenlaseremitter bzw. die Strahlungsausstrittsflächen der Emitter möglichst dicht zueinander zu stapeln, um die erwünschten, hohen Leistungsdichten zu erhalten. Aus diesem Grund ist es herkömmliche Praxis, die Wärmesenken als dünne Platten aufzubauen, die typischerweise eine Dicke von 1 mm bis 1,5 mm aufweisen. Derartig dünne Wärmesenken leisten aber zum einen keine ausreichende Wärmeabfuhr, zum anderen sind sie thermisch und mechanisch nicht stabil genug, so daß erhebliche Fehljustierungen in Bezug auf die Emitterflächen zu beobachten sind und damit die definierte Strahlführung nicht gewährleistet ist.

Eine weitere Folge solcher dünnen Wärmesenken ist, daß enge Fertigungstoleranzen eingehalten werden müssen. Geringe Abweichungen von diesen Fertigungstoleranzen führen zu Fehlern in Bezug auf die Abstrahlrichtung, was durch nachgeschaltete optische Einrichtungen praktisch nicht korrigiert werden kann.

Weiterhin ist es problematisch, die einzelnen übereinander gestapelten Diodenlaserbarren zusammen mit den dünnen Wärmesenken gegen Wasser, das als aktives Kühlfluid dient, abzudichten und gleichzeitig den elektrischen Kontakt für die Stromversorgung herzustellen, ohne daß hierbei die Abstrahlrichtung der einzelnen Diodenlaseremitter negativ beeinflußt wird.

Schließlich ist anzuführen, daß dann, wenn ein einzelner Diodenlaserbarren ausgefallen ist, der ganze Stapel, der aus einer Vielzahl von Diodenlaserbarren aufgebaut ist, zerlegt werden muß, da ansonsten die innenliegenden Barren nicht zugänglich sind. Bei dem erneuten Zusammenbau muß dann die gesamte nachgeschaltete Optik neu justiert werden.

Aufgrund der vorstehenden Nachteile und der mit einer herkömmlichen Stapelung von Diodenlaserbarren verbundenen Problematik sind die herkömmlichen Diodenlaserfeldanordnungen nicht für bestimmte Anwendungen, wie die Fasereinkopplung, usw., wo eine Kollimation der Divergenz in Fast-Richtung erforderlich ist, geeignet. Weitere Verfahren, wie sie nach dem Stand der Technik bekannt sind, die aufwendige optische Einrichtungen verwenden, um die Strahlung einzelner Diodenlaseremitter oder Diodenlaserbarren zusammenführen, ergeben Strahlungsfelder, die in der Intensitätsverteilung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung nicht definiert eingestellt werden können.

Ausgehend von der vorstehend geschilderten Problematik liegt der vorliegenden Erfindung nun die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur Formung des geometrischen Querschnitts eines Strahlungsfelds der Art, wie sie eingangs angegeben ist, so weiter zu bilden, daß die von einer Vielzahl von Diodenlaserfeldanordnungen bzw. Diodenlaserarrays abgegebene Strahlung, oder die Strahlung, die von einzelnen Diodenlaserbarren abgegeben wird, mit einfachen und kostengünstigen Maßnahmen zu Strahlungsfeldern einer gewünschten Anordnung und Verteilung der Leistungsdichte geformt und/oder zusammengefügt werden kann, und zwar mit einer hohen Packungsdichte der Laser, und mit denen gleichzeitig die nötige thermische und mechanische Stabilität gewährleistet wird.

Die vorstehende Aufgabe wird unter Weiterbildung der eingangs genannten, bekannten Anordnung dadurch gelöst, daß jeder Laser oder jede Laserfeldanordnung in Bezug auf den benachbarten Laser oder die Laserfeldanordnung sowohl in x-Richtung als auch in y-Richtung zueinander versetzt ist und daß die Reflexionsflächen der reflektiven Elemente in Ebenen angeordnet sind, die einen Versatz

und/oder eine Verkippung derart zueinander aufweisen, daß die jeweiligen, von den Reflexionsflächen reflektierten Strahlungsanteile senkrecht zu der Strahlungsausbreitungsrichtung gegenüber dem Versatz der Strahlungsaustrittsflächen zueinander versetzt sind. Durch den jeweiligen Versatz benachbarter Laser oder Laserfeldanordnungen zueinander wird ausreichender Raum gewonnen, um die jeweiligen Diodenlaser, vorzugsweise Diodenlaserbarren, voneinander zu beabstanden, um diesen Freiraum für entsprechende Wärmesenken, auf denen die jeweiligen Diodenlaser oder Diodenlaserbarren angeordnet sind, auszunutzen. Dieser Versatz der einzelnen Laserdioden bzw. Laserdiodenbarren erfolgt in zwei zueinander senkrecht stehenden Richtungen, die nicht mit den Abstrahlrichtungen der Diodenlaser bzw. Diodenlaserbarren zusammenfallen. Um die Strahlen dann zu einem Strahlenfeld zusammenzuführen, werden reflektive Elemente eingesetzt, die einen Versatz derart haben, daß die jeweiligen Strahlenquerschnitte vorzugsweise zu einem Strahlenfeld zusammengeführt werden oder aber auch überlagert werden.

Wie noch nachfolgend anhand der Ausführungsbeispiele erläutert wird, werden die Strahlungen der Diodenlaser bzw. Diodenlaserbarren zunächst kollimiert, und zwar in der Fast-Richtung, das bedeutet in der Richtung senkrecht zu dem pn-Übergang der Diodenlaser, bevor die Strahlungen dann auf die Reflexionsflächen der jeweiligen Reflexionselemente fallen.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Anordnung ist derjenige, daß die Abstrahlflächen aller Diodenlaser bzw. Diodenlaserbarren in einer Ebene liegen können, was zu einer einfachen Justierbarkeit und räumlichen Anordnung der Diodenlaser hinsichtlich der elektrischen Kontaktierung und der Kühlwasserführung, falls aktiv gekühlt wird, führt. Mit der erfindungsgemäßen Anordnung wird demzufolge bereits in Bezug auf die Diodenlaser oder die Diodenlaserbarren ein definierter Versatz erzeugt, beispielsweise unter treppenstufenartiger Anordnung der Strahlenaustrittsflächen, und zwar Betrachtung der Anordnung der Laserdioden oder Laserdiodenbarren in einer Draufsicht auf die Strahlenaustrittsfenster, während die versetzten Strahlenanteile dann mit den reflektiven Elementen wieder zusammengeführt werden. Durch diesen definierten, treppenstufenartigen Versatz ist die Voraussetzung geschaffen, die einzelnen Strahlungsanteile dann definiert zusammenzuschieben

oder zu einem definierten Strahlungsfeld in einer in Austrittsebene zusammenzusetzen, wobei hierzu nur ein reflektives Element jedem Strahlenbündel zugeordnet wird, d.h. es ist nur ein minimaler optischer Aufbau erforderlich, mit der Folge, daß die Verluste sehr gering gehalten werden können.

Es wird ersichtlich, daß durch den Versatz der jeweiligen Laserdioden oder Laserdiodenbarren die jeweiligen Laser von oben und unten frei zugänglich sind und demzufolge an die Ausdehnung der Kühlkörper keine Grenzen gesetzt sind, da über diesen Raum beliebig verfügt werden kann; gleiches gilt für die Ausdehnung der Kühlkörper in einer Richtung entgegengesetzt zu den Abstrahlrichtungen der jeweiligen Laser.

Weiterhin bietet die erfindungsgemäße Anordnung den Vorteil, daß die Leistung der Anordnung basierend auf einer Grundanordnung dieses treppenstufenartigen Versatzes der einzelnen Diodenlaser durch Hinzufügen von weiteren Diodenlasern zu einer Grundanordnung und durch eine Vergrößerung der Länge der Diodenlaserbarren selbst zu höheren Leistungen skaliert werden, ohne das Grundprinzip zu verlassen. Zum Beispiel kann die Anordnung aus jeweiligen Grundanordnungen aufgebaut werden, beispielsweise Kühlkörper mit zwei, drei oder mehreren einzelnen Treppenstufen, auf denen die Diodenlaser angeordnet werden, um dann mehrere der Grundeinheiten modularartig zusammenzusetzen. Gleiches gilt für die reflektiven Elemente, an denen die jeweiligen Strahlungsanteile reflektiert werden, die auch modularartig durch treppenstufenartige Grundkörper mit verspiegelten Flächen aufgebaut werden können.

Mit der erfindungsgemäßen Anordnung wird eine hohe mechanische und thermische Stabilität erzielt, insbesondere dann, wenn der Versatz der Laserdioden bzw. Laserdiodenbarren mittels eines Trägers erfolgt, der mehrere Diodenlaser oder Diodenlaserbarren auf treppenstufenartig versetzten Flächen trägt und gleichzeitig mit einer hohen Wärmekapazität ausgelegt wird, um die erforderliche Kühlung zu erzielen. Diese beiden Effekte wirken nicht gegenläufig, sondern ergänzen sich, da mit der größeren Dimensionierung der Trägerkörper zum einen eine effektivere Kühlung vorgenommen werden kann und zum anderen die mechanische Stabilität ansteigt.

Falls die Trägerkörper Fertigungstoleranzen zeigen, die zu groß sind, um die Diodenlaser exakt darauf anzuordnen, können die Diodenlaser durch eine nachträgliche Justierung auf den Trägerkörpern oder durch eine Justierung der dazu gehörigen, nachgeordneten, treppenstufenförmigen Spiegel-Elemente eingestellt werden, zumal die Diodenlaser so angeordnet werden können, daß sie gut zugänglich sind, da jeder Diodenlaserbarren bzw. jede Diodenlasereinheit nebeneinander versetzt angeordnet ist, d.h. problemlos zugänglich ist. In Bezug auf die Justierung können Ausrichtungsfehler durch eine direkte Stapelung der Diodenlaser oder Diodenlaserbarren vermieden werden, wie dies beim Stand der Technik auftritt, bei dem die einzelnen Diodenlaserbarren unmittelbar übereinander angeordnet sind. Beim Stand der Technik ist dann eine Justierung der dazwischenliegenden Diodenlaserbarren nicht möglich, da sie nicht zugänglich sind. Gerade eine solche Justierung ist mit der erfindungsgemäßen Anordnung gegeben, da jeder Diodenlaserbarren einzeln zugänglich ist und somit einer Justierung unterworfen werden kann. Schließlich ist zu erwähnen, daß dann, wenn bestimmte Diodenlaser oder Diodenlaserbarren ausfallen, nur die jeweilige Einheit, da sie gut zugänglich ist, ausgetauscht werden muß, gegebenenfalls mit der jeweiligen Kollimationsoptik und einer Neujustierung des neu eingesetzten Teils, wodurch der Serviceaufwand drastisch im Vergleich zur Anordnung nach dem Stand der Technik reduziert wird.

Die Anordnung bzw. der Versatz der jeweiligen Laser soll sequentiell der Reihenfolge der Laser entsprechen, d.h. es liegt ein treppenstufenartiger Versatz vor mit einer stetigen Steigung. Um unterschiedliche Weglängen der jeweiligen Laserstrahlungen bis zu einer definierten Austrittsebene nach den jeweiligen Reflexionsflächen auszugleichen bzw. die einzelnen Weglängen der Strahlen einander anzupassen, kann es von Vorteil sein, die Reflexionsflächen jeweils mit einem unterschiedlichen Abstand zu den ihnen zugeordneten Strahlaustrittsöffnungen der Laser zu positionieren. Durch diesen unterschiedlichen Versatz kann dann eine unterschiedliche Weglänge aufgrund der versetzten Anordnung der einzelnen Laser ausgeglichen bzw. angepaßt werden.

Eine weitere bevorzugte Maßnahme, die angewandt wird, um die einzelnen Weglängen der Strahlungsanteile der einzelnen Laser oder der Laserfeldanordnungen

auszugleichen und anzupassen, ist dann möglich, wenn jedem Strahlungsanteil neben dem ersten reflektiven Element ein weiteres, zweites reflektives Element zugeordnet wird, wobei diese jeweils benachbarten zweiten reflektiven Elemente einen Versatz zueinander aufweisen derart, daß durch diesen Versatz die jeweiligen gesamten Weglängen, wenn man die einzelnen Strahlungsanteile miteinander vergleicht, angepaßt werden, so daß keine Wegdifferenzen an einer Austrittsebene vorhanden sind. Um einen einfachen Aufbau zu erzielen, der darüberhinaus leicht justierbar ist, sollten die jeweiligen Versätze und die jeweiligen Abstandsänderungen benachbarter Reflexionsflächen, wie dies vorstehend angesprochen ist, von gleicher Größe sein.

Ähnlich dem Trägerkörper, der dazu eingesetzt werden kann, die einzelnen Laser oder Laserfeldanordnungen, beispielsweise Diodenlaserfeldanordnungen oder Laserbarren, zu positionieren, können die Reflexionsflächen der Elemente durch einen treppenartig aufgebauten Spiegel gebildet werden, d.h. es wird ein Trägerkörper mit treppenstufenartig angeordneten Flächen verwendet, die verspiegelt werden, so daß die jeweiligen Flächen dieses treppenstufenartig aufgebauten Spiegels die Reflexionsflächen bilden. Hierdurch ist eine fest vorgegebene Zuordnung der jeweils benachbarten, einen Versatz zueinander aufweisenden Spiegelflächen gegeben, mit einer hohen mechanischen Stabilität. Vorzugsweise sind die Reflexionsflächen ebene Flächenbereiche, insbesondere dann, wenn die jeweiligen Strahlungsanteile parallele Strahlenbündel sind, die keine weitere Fokussierung oder Strahlaufweitung erfordern.

Zusätzlich können die einzelnen Laser oder Laserfeldanordnungen auch in der z-Richtung, d.h. in der Richtung, die der Abstrahlrichtung entspricht, versetzt werden, um dadurch die bereits vorstehend angesprochenen, unterschiedlichen Weglängen der einzelnen Laser oder Laserfeldanordnungen aneinander anzuordnen. Auch hierbei sollte der Versatz sequentiell der Reihenfolge der Laser entsprechen, um einen einfachen Aufbau zu erzielen, wiederum auch derart, daß der Versatz der Laser oder der Laserfeldanordnungen zu dem Versatz der reflektiven Elemente in der sequentiellen Reihenfolge korreliert ist.

Es sollte nochmals herausgestellt werden, daß der Versatz in der x-y-Richtung der einzelnen Laser oder Laserfeldanordnungen zueinander dazu dient, die Laserfeldanordnungen ausreichend voneinander zu beabstanden und einen Versatz der von den einzelnen Laser oder Laserfeldanordnungen abgestrahlten Strahlenbündel zu erreichen (die vorstehend angegebene x-y-Ebene liegt senkrecht zu der Strahlausbreitungsrichtung), dient der Versatz in der z-Richtung, d.h. in Richtung der Abstrahlrichtung, dazu, unterschiedliche Weglängen zu einer vorgegebenen Austrittsebene oder Bearbeitungsebene auszugleichen.

In Bezug auf den bereits eingangs erwähnten treppenstufenförmigen Träger, der bevorzugt eingesetzt wird, um die einzelnen Laser oder Laserfeldanordnungen zu positionieren, werden die Laser oder Laserfeldanordnungen, wie bereits aus der vorstehenden Erläuterung ersichtlich sein sollte, parallel zu der Längserstreckung der einzelnen Stufen eines solchen treppenstufenförmigen Trägers derart angeordnet, daß sie parallel zu diesen Stufen mit ihrer Hauptabstrahlrichtung abstrahlen. Ein solcher treppenstufenförmiger Träger ermöglicht, mit entsprechend lang ausgebildeten Treppenstufen, eine anwendungsspezifische Positionierung und Justierung der einzelnen Laser oder Laserfeldanordnungen in der z-Richtung, d.h. in Abstrahlrichtung, so daß mit einer solchen unterschiedlichen Justierung auf die Weglängen Einfluß genommen werden kann.

Da die erfindungsgemäße Anordnung, wie sie vorstehend erläutert ist, eine Möglichkeit bietet, mit einem relativ einfachen Aufwand die Strahlungsanteile einer Vielzahl von Laser oder Laserfeldanordnungen zu einem definierten Strahlungsprofil umzuordnen

und/oder zusammenzuführen, ist es möglich, definiert diese Strahlungsanteile nach dem reflektiven Element in einen Lichtleiter oder ein Lichtwellenleiterarray bzw. -feld einzukoppeln, um dann die zusammengeführten Strahlungsanteile beispielsweise zu einem Bearbeitungsort zu führen, wie dies auch noch nachfolgend anhand der Ausführungsbeispiele erläutert und beschrieben wird.

Eine weitere Maßnahme, die bevorzugt in Verbindung mit den vorstehend angegebenen Anordnungen eingesetzt werden kann, ist diejenige, die Leistung mehrerer

Laser oder Laserfeldanordnungen durch Polarisierung und/oder Wellenlängenkopplung zusammenzuführen. Diese Maßnahme in Verbindung mit der erfindungsgemäßen Anordnung, wie sie vorstehend erläutert ist, d.h. die stufenartige Positionierung der einzelnen Laser oder Laserfeldanordnungen, betrachtet man deren Strahlungsaustrittsfläche in Draufsicht, und die Zusammenführung dieser Strahlungsanteile durch einen entsprechenden Versatz der danach folgenden reflektiven Elemente in Verbindung mit einer Leistungsaddition mittels Polarisierung und/oder Wellenlängenkopplung, hat den Vorteil, daß die Leistung, ohne den Strahlquerschnitt zu vergrößern bzw. die Strahlqualität zu verringern, erhöht werden kann.

Soweit in der Beschreibung vorstehend speziell auf Diodenlaser Bezug genommen wird, so stellen diese Ausführungen bevorzugte Maßnahmen in Verbindung mit Diodenlaser dar; sie können aber auch analog auf andere Festkörperlaseranordnungen übertragen werden.

Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. In der Zeichnung zeigt

- Figur 1 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform gemäß der Erfindung,
- Figur 2 eine schematische Darstellung, die den prinzipiellen Aufbau einer Diodenlaserfeldanordnung bzw. eines Laserdiodenarrays aus mehreren gestapelten Diodenlaserbarren zeigt,
- Figur 3 eine weitere schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der Erfindung, mit der gegenüber der ersten Ausführungsform die Weglängen der Strahlungsanteile der einzelnen Diodenlaserbarren in Bezug auf eine Austrittsebene angepaßt werden,
- Figur 4A und Figur 4B eine weitere, dritte Ausführungsform, bei der die Diodenlaserbarren auf einem Träger in Abstrahlrichtung zueinander versetzt sind,

- Figur 5 eine Anordnung der dritten Ausführungsform der Erfindung, die beispielsweise dazu eingesetzt werden kann, Festkörperlaser zu pumpen, oder, mit einer entsprechenden, nachgeschalteten Optik, Werkstücke zu bearbeiten,
- Figur 6 eine Anordnung der dritten Ausführungsform, die eine Anwendung zeigt, bei der die Strahlungsanteile aufgeteilt und in ein Faserarray zum flexiblen Führen der Strahlen eingekoppelt werden,
- Figur 7 eine Anordnung der dritten Ausführungsform, die mit der Ausführungsform der Figur 6 vergleichbar ist, bei der allerdings die Strahlungsanteile in das Ende einer einzelnen Faser eingekoppelt oder direkt auf ein Werkstück fokussiert werden,
- Figur 8 eine Anordnung der dritten Ausführungsform, die mit den prinzipiellen Anordnungen der Figur 7 vergleichbar ist, bei der allerdings zusätzlich in den Strahlengang eine Prismenanordnung eingefügt ist,
- Figur 9 eine Anordnung der dritten Ausführungsform, wie sie auch in Figur 6 gezeigt ist, gemäß der einzelne Gruppen der Diodenlaserbarren aktiv adressierbar sind, um das erzeugte Strahlenfeld im On-Line-Verfahren zu beeinflussen,
- Figur 10A schematisch eine vierte Ausführungsform, bei der anstelle jeweils eines Diodenlaserbarrens auf einer Stufe zwei Diodenlaser in y-Richtung übereinander gestapelt sind und mittels einer Polarisationsanordnung miteinander gekoppelt werden,
- Figur 10B zwei der Anordnung der Figur 10A entsprechende Anordnungen, die in x-Richtung und in y-Richtung, und zwar auf einem treppenstufenartigen Halter, versetzt sind, wobei die Strahlungsanteile mittels dichroitischen Spiegel zusammengeführt werden, und
- Figur 10C eine weitere Anordnung ähnlich derjenigen der Figuren 10A und 10B.

Es ist darauf hinzuweisen, daß die Ausführungsform gemäß den Figuren auf die Formung und Führung der Strahlung von Diodenlaserfeldanordnungen bzw. Diodenlaserarrays, wie sie auch in der Literatur bezeichnet werden, gerichtet ist, allerdings die verschiedenen Ausführungsformen, wie sie nachfolgend anhand der Figuren erläutert werden, gleichermaßen auch bei Festkörperlasern angewandt werden können, wie ersichtlich werden wird.

Ein üblicher Aufbau einer Diodenlaserfeldanordnung sowie einer üblichen Maßnahme, um die Strahlung zu kollimieren, ist in Figur 2 dargestellt.

Üblicherweise besteht ein Diodenlaserarray, in Figur 2 mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnet, aus einzelnen Diodenlaserbarren 2, die übereinander gestapelt sind. Jeder Diodenlaserbarren 2 besteht aus einer linearen Anordnung emittierender Laserdioden, die mit ihren Strahlaustrittsöffnungen 3 auf einer geraden Linie und in einer gemeinsamen Ebene, die in Figur 2 mit den rechtwinkligen Koordinaten x und y bezeichnet ist, mit einer Erstreckung des Diodenlaserbarrens in der x-Richtung, liegen. Aufgrund der Geometrie des aktiven Mediums solcher Diodenlaser tritt aus den Strahlaustrittsöffnungen 3 ein im Querschnitt typischerweise elliptischer Strahlkegel aus, wobei die große Achse senkrecht zu der Ebene des pn-Übergangs verläuft, d.h. in Figur 2 in der y-Richtung, die auch als "Fast-Richtung" bezeichnet wird. Der typische Divergenzwinkel in dieser Richtung beträgt etwa 90° . Dagegen beträgt der Divergenzwinkel entsprechend der kleinen Achse des elliptischen Strahlkegels etwa 10° . Eine typische Breite solcher einzelnen Diodenlaserbarren, d.h. die Ausdehnung in der x-Richtung, beträgt etwa 10 mm. Die typische Leistung eines solchen Diodenlaserbarrens liegt bei einigen 10W. Typischerweise werden bis zu 20 einzelne Diodenemitter in der x-Richtung zu einer linearen Anordnung, d.h. zu einem Diodenlaserbarren, zusammengefügt. Wie in Figur 2 zu erkennen ist, ist jedem Diodenlaserbarren eine Wärmesenke in Form eines Kühlkörpers 4 zugeordnet, der, wenn er dünn in seinen Abmessung in der y-Richtung gehalten wird, typischerweise eine Dicke von 1 mm bis 1,5 mm aufweist.

Wie in Figur 2 zu gezeigt ist, können zwar hohe Packungsdichten mit solchen Anordnungen erzielt werden, allerdings findet ein solches Diodenlaserarray seine

Grenzen in der thermischen Stabilität der Wärmesenken oder Kühlkörper 4, wie bereits vorstehend erläutert wurde. Um die Strahlung der Diodenlaserbarren 2 in der Fast-Richtung (y-Richtung) zu kollimieren, wird jedem Barren eine Mikrooptik in Form einer Zylinderlinse 5 zugeordnet. In Abstrahlrichtung der Diodenlaserbarren 2 gesehen, in Figur 2 mit der Koordinate z bezeichnet, ist eine Zylinderoptik 6 nachgeschaltet, die die gesamten Strahlungsanteile der Diodenlaserbarren 2 in der Slow-Richtung kollimiert, so daß nach der Zylinderoptik 6 ein nahezu paralleles Strahlenbündel erzielt wird, das dann, mit einer photographischen Linse 7, zu einem Strahlungsfeld 8 kollimiert wird. Das Strahlungsfeld 8 besitzt typische Abmessungen von etwa $0,8 \times (3-10) \text{ mm}^2$.

Um die Kühlleistung und die mechanische Stabilität der Anordnung zu erhöhen, müssen die jeweiligen Kühlkörper 4 mit einer größeren Dicke, d.h. einer größeren Abmessung in der y-Richtung, dimensioniert werden, sieht man einmal von einer aktiven Kühlung mittels eines Kühlmediums ab, was zur Folge hat, daß die einzelnen Diodenlaserbarren 2 in der y-Richtung weiter voneinander beabstandet sind; dadurch wird der Füllfaktor klein und die so erzielbare, maximale Leistungsdichte wird geringer.

Um die vorstehend angegebenen Probleme zu beseitigen, wird eine Anordnung gemäß der Erfindung eingesetzt, wie sie in ihrem prinzipiellen Aufbau in einer ersten Ausführungsform in Figur 1 dargestellt ist. Die einzelnen Diodenlaserbarren 2 sind in der x-Richtung (in einer Draufsicht, wie sie in Figur 1 dargestellt ist) nebeneinanderliegend angeordnet und in der y-Richtung, wie die Seitenansicht zeigt, die allgemein mit dem Bezugszeichen 9 bezeichnet sind, zueinander versetzt. Hieraus ergibt sich ein treppenstufenartiger Versatz. Um die einzelnen Diodenlaserbarren 2 mit ihren Kühlkörpern 4 in dieser Stellung anzuordnen, wird ein treppenstufenartiger Träger 10, einteilig oder mehrteilig ausgeführt, eingesetzt. Die einzelnen Aufnahmeflächen 11 dieses Trägers oder Halters 10 verlaufen parallel zueinander. Es ergibt sich ein definierter Versatz, der, in der Ausführungsform der Figur 1, so gewählt ist, daß er von dem linken Diodenlaserbarren 2 zu dem am weitesten rechts liegenden Diodenlaserbarren 2 stetig zunimmt. Es ist weiterhin ersichtlich, daß jeder einzelne Diodenlaserbarren 2 mit seinem zugehörigen Kühlkörper 4 frei zugänglich ist, um ihn zu

justieren. Darüberhinaus kann dann, wenn ein Diodenlaserbarren 2 auffällt oder fehlerhaft arbeitet, dieser Diodenlaserbarren 2 gezielt ausgetauscht werden, ohne daß die weiteren Diodenlaserbarren 2 in ihrer Grundjustierung verändert werden oder in sonstiger Weise beeinträchtigt werden.

Die einzelnen Strahlungsanteile der einzelnen Diodenlaserbarren 2, die zur Vereinfachung der Darstellung jeweils mit einem Strahlungspfeil 14 dargestellt sind, fallen auf einen ebenfalls treppenförmig ausgebildeten Spiegel 12 mit jeweiligen Reflexionsflächen 13, die durch unterbrochene Linien angedeutet sind, und werden in eine gemeinsame Strahlrichtung, mit dem Ausgangsstrahl 14' angegeben, umgelenkt. Der Umlenkungswinkel beträgt in dieser Ausführungsform 90° , ist jedoch nicht hierauf eingeschränkt. Es ist ersichtlich, daß die Orientierungen der Reflexionsflächen 13 zu den jeweils einfallenden Strahlungspfeilen 14 keiner Einschränkung unterliegen, da sie entsprechend den Anforderungen gewählt werden können. In Figur 1 ist weiterhin zu erkennen, daß die von jedem Diodenlaserbarren 2 ausgehende Strahlung durch eine Linse 5, vergleichbar mit der Linse 5, die in Figur 2 dargestellt ist, kollimiert wird. Die Treppenstufenhöhe, d.h. der Versatz der jeweiligen Auflageflächen der Träger 10 in der y-Richtung jeweils benachbarter Diodenlaserbarren 2, ist so gewählt, daß er der Höhe der kollimierten Strahlung der y-Richtung entspricht. Gleiches gilt für die Stufenhöhe der einzelnen Reflexionsflächen 13 des Treppenstufenspiegels 12, d.h. der jeweilige Versatz der einzelnen Stufen zueinander entspricht der Höhe der kollimierten Strahlung an den Reflexionsflächen. Der Versatz der einzelnen Stufen bzw. der Reflexionsflächen ist in der Draufsicht, die in Figur 1 mit dem Bezugszeichen 15 bezeichnet ist, zu erkennen (die Ansicht 15 zeigt eine Draufsicht auf den treppenstufenförmige Spiegel-Elemente 12 aus Richtung des Sichtpfeils 16 bzw. in x-Richtung). Die Austrittsstrahlen 14' sind anhand der Austrittsebene 17 zu erkennen. Bedingt durch die unterschiedlich langen Ausbreitungswege der Strahlen bis zu der Austrittsebene 17 und durch die nicht aufgehobenen Divergenzen in der Slow-Richtung haben die einzelnen Strahlungsanteile 14' der jeweiligen Diodenlaserbarren 2 eine unterschiedliche Erstreckung in der z-Richtung. Diese unterschiedlichen Ausdehnungen können gegebenenfalls durch Optiken angepaßt werden. Eine solche Anpassung kann unter anderem auch dadurch erfolgen, daß die jeweiligen

Reflexionsflächen 13 leicht konkav oder konvex gewölbt werden, um die jeweiligen Strahlungsanteile zusätzlich aufzuweiten oder zu kollimieren.

Es sollte nochmals darauf hingewiesen werden, daß die in der Beschreibung und in den Figuren angegebenen x-, y- und z-Richtungen bzw. Koordinaten ein rechtwinkliges Koordinatensystem darstellen.

Anstelle der Diodenlaserbarren 2 können auch kleine Felder aus zwei Reihen oder gegebenenfalls drei Reihen einzelner Diodenlaser angeordnet werden, mit jeweils einem sich nach oben und nach unten erstreckenden (y-Richtung) Kühlkörper 4; deren Strahlungen werden vorzugsweise auch so gekoppelt, wie dies in Figur 10 gezeigt ist, die noch nachfolgend beschrieben wird.

Um dem Problem der unterschiedlichen Strahlenausbreitungswege zu entgegen, wie dies vorstehend anhand der Figur 1 angesprochen wurde, werden, in einer zweiten Ausführungsform, wie sie in Figur 3 dargestellt ist, zwei treppenstufenförmige Spiegel-Elemente 18 und 19 eingesetzt, an denen die Strahlungsanteile 14 der jeweiligen Diodenlaserbarren 2 zweifach umgelenkt werden. Die jeweiligen Auftreffpunkte bzw. Auftreffbereiche 20 auf den jeweiligen Reflexionsflächen 13 sind derart gewählt, daß sich die gesamten Weglängen der jeweiligen Strahlungen, die von den jeweiligen Diodenlaserbarren 2 ausgehen, zu einer gleichen Weglänge in einer Austrittsebene 21 hinter den Spiegel-Elementen 19 senkrecht zur optischen Achse jeweils aufaddieren, so daß die Ausgangsstrahlen ausgangsseitig der Reflexionsflächen 13 des zweiten Treppenstufenspiegels 18 gleiche Weglängen haben.

Die einzelnen Strahlen 14 bzw. 14' treffen auf die Reflexionsflächen 13 des ersten Treppenstufenspiegels 18 und des zweiten Treppenstufenspiegels 19 jeweils unter einem Winkel von 45° auf, so daß der Strahl jeweils um 90° umgelenkt wird. Zum besseren Verständnis wird darauf hingewiesen, daß die einzelnen Diodenlaserbarren 2 derart angeordnet sind, daß, in y-Richtung gesehen, der in Figur 3 am weitesten links angeordnete Diodenlaserbarren 2 die höchste Position auf dem treppenstufenartigen Träger 10 besitzt, während der am weitesten rechts in Figur 3 liegende Diodenlaserbarren 2 die tiefste Position auf den Treppenstufenflächen des Halters 10 aufweist. Entsprechend sind die einzelnen Reflexionsflächen 13 des ersten

Treppenstufenspiegels 18 in x-Richtung gesehen von der linken zur rechten Seite hin abfallend, und zwar in Bezug auf die y-Richtung, während die einzelnen Reflexionsflächen 13 des zweiten Treppenstufenspiegels 19 in y-Richtung gesehen in Figur 3 von oben nach unten steigend sind. Wie anhand der dem zweiten treppenstufenförmige Spiegel-Elemente 19 zugeordneten Strahlungsquerschnitte, mit dem Bezugszeichen 22 bezeichnet, zu entnehmen ist, treffen die jeweiligen Strahlungsanteile 14' auf die reflektiven Flächen 13 des zweiten Treppenstufenspiegels 19 mit einem Versatz zueinander auf, die dann, ausgangsseitig des zweiten Treppenstufenspiegels 19, durch die reflektiven Flächen 13 des zweiten Treppenstufenspiegels 19 aufgrund einer entsprechenden Verkipfung der jeweiligen Reflexionsflächen 13 zu der y-Richtung zu einem Strahlungsfeld, wie es anhand der Ebene 21 gezeigt ist, zusammengeschoben werden. Der Abstand der jeweiligen Strahlungsanteile zueinander im Bereich der Austrittsebene 21 kann durch einen gegenüber der Darstellung der Figur 3 geänderten Einfallswinkel der jeweiligen auf die Fläche 13 auftreffenden Strahlen 14' weiter zusammengeschoben oder weiter zueinander beabstandet werden, als dies die Darstellung zeigt. Die jeweiligen Reflexionsflächen der Spiegel-Elemente können individuell bezüglich Winkel und Position eingestellt werden, um die Strahlanteile aus den jeweiligen Diodenlasern 2 parallel und versatzfrei zueinander zusammenzuführen.

In der Figur 4 ist eine dritte Ausführungsform der Erfindung dargestellt. In dieser Ausführungsform sind wiederum die einzelnen Diodenlaserbarren auf einem treppenstufenartigen Träger 10 angeordnet, wobei wiederum die einzelnen horizontalen Stufenflächen 25, die in der x-z-Ebene verlaufen, in parallel zueinander versetzten Ebenen liegen, wie deutlicher die Seitenansicht der Figur 4B (entsprechend des Sichtpfeils IVB in Figur 4A) zeigt. Anders ausgedrückt sind die einzelnen Diodenlaserbarren 2 mit ihren Kühlkörpern 4 in unterschiedlichen Höhen in der y-Richtung, aufgrund des jeweiligen Versatzes der einzelnen Stufenflächen 25, angeordnet, darüberhinaus sind sie stufenweise in der z-Richtung zueinander versetzt, so daß die gesamte optische Weglänge der jeweiligen Strahlungsanteile zur Austrittsebene etwa gleich sind. Die Stufenhöhe, d.h. der Abstand in der y-Richtung zweier benachbarter horizontaler Stufenflächen 25, ist wiederum gleich der kollimierten Strahlhöhe.

Die einzelnen Strahlen 14 treffen jeweils auf ein treppenstufenförmiges Spiegel-Element auf, dessen senkrechte Treppenstufenflanken die Reflexionsflächen 13 bilden, von denen die Strahlen in der Austrittsstrahlrichtung 14' reflektiert werden. Die einzelnen Treppenstufen-Reflexionsflächen 13 sind fortlaufend zueinander versetzt derart, daß dieser Versatz dem Versatz der einzelnen Diodenlaserbarren 2 entspricht. Darüberhinaus werden die Positionen der Diodenlaserbarren und die Reflexionsflächen der treppenförmigen Spiegel 12 so aufeinander angepaßt, daß alle Teilstrahlen exakt übereinander in der Fast-Richtung liegen, wie dies anhand der Austrittsebene 21 erläutert ist.

Das gestapelte Strahlenfeld, wie es anhand der Anordnung der Figuren 4A und 4B vorstehend beschrieben ist, kann unmittelbar verwendet werden, zum Beispiel zum Pumpen von Festkörperlasern. Darüberhinaus kann das Strahlungsfeld, wie es anhand der Figur 4 in Form der Austrittsebene 21 dargestellt ist, mit einer nachgeschalteten Optik entsprechend den Anforderungen und Einsatzbedingungen, etwa für eine Fasereinkopplung, abgebildet und geformt werden. Ein Beispiel einer Anordnung hierfür ist in Figur 5 dargestellt, die im Grundaufbau die Anordnung der Figur 4A zugrundelegt. In dieser Anordnung werden die Ausgangsstrahlen entsprechend der Anordnung im Bereich der Austrittsebene 21 mit einer zylindrischen Linse 23 kollimiert. Daran anschließend ist in den Strahlengang eine sphärische Linse 24 angeordnet, um die einzelnen Strahlungsanteile der einzelnen Diodenlaserbarren 2 in einer Linie auf das Werkstück 26 zu fokussieren. Diese Zusammenführung der Strahlungsanteile der einzelnen Laser entsprechend der Anordnung der Figur 5 hat den Vorteil, daß die Diodenlaserstrahlung ohne Strahlqualitätsverlust zusammengefaßt und somit die maximale Leistungsdichte im Fokus erreicht werden kann.

Für viele Anwendungen ist eine flexible Führung der Strahlung von Vorteil. Um eine solche flexible Führung zu erzielen, werden optische Fasern 27 eingesetzt, wie dies in Figur 6 gezeigt ist, die zu einem Faserarray 28 zusammengefaßt sind. Die Fasern 27 können rechteckig sein oder einen kreisförmigen Querschnitt haben. Wiederum wird das Strahlungsfeld, das von den Diodenlaserbarren 2 ausgeht, durch eine zylindrische Linse 23 kollimiert und anschließend mit einer sphärischen Linse 24 im Fokus abgebildet. Im Fokusbereich der sphärischen Linse entstehen so einzelne

Fokuspunkte, die nebeneinander liegen und deren Anzahl denen der Emittergruppen entspricht, d.h. der Anzahl der Diodenlaserbarren 2. Das Feld 28 aus optischen Fasern ist so positioniert, daß die Einkoppelflächen 29 im Fokusbereich positioniert sind. Es ist eine Anordnung hierbei zu bevorzugen, wie sie auch in Figur 6 dargestellt ist, bei der die Anzahl der Fasern 27 der Anzahl der Fokuspunkte entspricht, so daß die jeweiligen Strahlungsanteile der einzelnen Diodenlaserbarren 2 jeweils in einer zugeordneten Faser eingekoppelt werden. Hierzu werden die Strahlungen der einzelnen Diodenlaserbarren 2 beispielsweise in vier Gruppen oder Kanäle A, B, C, D aufgeteilt und zusammengeführt. Dies hat den Vorteil, daß die Strahlungsanteile A, B, C, D, die von den jeweiligen Diodenlaserbarren 2 ausgehen, für bestimmte Anwendungsgebiete entkoppelt verbleiben, d.h. sie können individuell zu der gewünschten Bearbeitungsstelle zugeführt werden und unter entsprechender Ansteuerung und Regelung der einzelnen Diodenlaserbarren 2 individuell beeinflußt werden; hierbei ist es dann auch möglich, die einzelnen Strahlen zu Strahlungsgruppen wieder zusammenzufassen.

Die erfindungsgemäße Anordnung kann auch dazu verwendet werden, die Strahlungsanteile der einzelnen Austrittsstrahlen 14' in eine einzelne optische Faser 27 einzukoppeln, wie dies anhand der Figur 7 dargestellt ist. Für eine solche Fokussierung ist eine mit dem Bezugszeichen 30 bezeichnete Anordnung zur Formung und Fokussierung der Strahlen, beispielsweise zusätzliche treppenstufenförmige Spiegel-Elemente, vorgesehen.

Es ist aus der vorstehenden Beschreibung zu ersehen, daß aus den einzelnen Diodenlaserbarren, die in den Ausführungsbeispielen hier erläutert werden, beliebig große Felder, mit einer entsprechenden Zahl an treppenstufenartigen Versätzen der jeweiligen Laser zueinander, aufgebaut werden können. Um dann allerdings die einzelnen Strahlungsanteile nach mindestens einer Reflexion an einem zugeordneten treppenstufenförmigen Spiegel-Elemente abzubilden und zu fokussieren, müssen zylindrische und sphärische Optiken mit entsprechend großen Abmessungen eingesetzt werden, was zusätzliche Kosten zu dem optischen System hinzufügt. Um die Baugrößen und somit die Kosten eines solchen nachgeschalteten optischen Systems zu senken, wird vorzugsweise ein Prisma, wie in Figur 8 dargestellt ist, oder

werden mehrere Prismen 31, 32 eingesetzt. Der Strahlquerschnitt eingangsseitig des ersten Prismas 31 wird dadurch ausgangsseitig des zweiten Prismas 32 reduziert. Der Einsatz zweier Prismen in der Anordnung, wie dies in Figur 8 gezeigt ist, hat den zusätzlichen Vorteil, daß der Ausgangsstrahl parallel zum Eingangsstrahl verläuft. Mit dem Einsatz solcher Prismen 31, 32 ist auch die Möglichkeit gegeben, die Dimension der Slow-Richtung von Strahlung, die von einem Diodenlaserbarren 2 ausgeht, zu verändern.

Für viele Anwendungen besteht ein Bedarf daran, Diodenlaserbarren mit aktiv adressierbaren Emittiergruppen zu verwenden. Aktiv adressierbare Diodenlaserbarren sind Diodenlaserbarren, deren Emitter bzw. Emittiergruppen jeweils mit einer eigenen Stromzufuhr bzw. Signalleitung 33 (Figur 9) versehen werden, so daß sie individuell gesteuert werden können. Zur Steigerung der Leistungsfähigkeit jeweiliger Emittiergruppen können solche Diodenlaserbarren mittels optischer Verfahren gestapelt werden. Die zugeordneten Emitter bzw. Emittiergruppen, wiederum mit A, B, C und D bezeichnet, von verschiedenen Diodenlaserbarren 2 können dann mit einem optischen System 30 in einen Lichtwellenleiter 27 jeweils eingekoppelt werden oder auf ein Werkstück fokussiert werden. Werden die zugeordneten Emitter bzw. Emittiergruppen von verschiedenen Barren elektrisch miteinander verbunden, wie dies dargestellt ist, so entsteht ein Lichtwellenleiterarray, bei dem die Leistung aus dem jeweiligen Lichtwellenleiter individuell angesteuert werden kann. Dies ist bei der sogenannten Parallelverarbeitung bzw. bei dem Parallelprozeß von großer Bedeutung. Eine solche Anordnung, wie sie vorstehend erläutert ist, ist schematisch in Figur 9 dargestellt, wobei wiederum die Basisanordnung gezeigt ist, die auch in den Ausführungsformen der Figuren 4 bis 8 eingesetzt wurde. Die vier auf dem treppenstufenartigen Träger 10 angeordneten Diodenlaserbarren 2, die jeweils aus vier Emittiergruppen bestehen, sind so ansteuerbar, daß die einzelnen Strahlen der jeweiligen zugeordneten Gruppen A, B, C und D ausgangsseitig der Fokussieranordnung 30 zuordenbar sind. Die Möglichkeit, die einzelnen Kanäle A, B, C und D der einzelnen Diodenlaserbarren gesondert über die Signalleitungen 33 ansteuern zu können, hat den zusätzlichen Vorteil, eine Redundanz und Leistung des jeweiligen Kanals individuell zu erhöhen und zu erniedrigen. Sollte beispielsweise auf einem Kanal eine

Diodenlasergruppe eines Diodenlaserbarrens 2 ausfallen, so kann die Leistung der Diodenlasergruppen der anderen Diodenlaserbarren 2 dieses Kanals erhöht werden, um den Leistungsverlust aufgrund der fehlerhaften Diodenlaser zu kompensieren.

Es kann erwünscht sein, auf einer Stufe eines treppenförmigen Halters 10, wie dies anhand der vorstehend erläuterten Figuren dargelegt ist, zwei oder mehr einzelne Diodenlaserbarren zu positionieren. Falls beispielsweise jeweils zwei Diodenlaserbarren auf einer Stufe in y-Richtung übereinander angeordnet werden und jeweils diese paarweise angeordneten Diodenlaserbarren zweier benachbarter Stufen zusammengeführt werden, entstehen nach Reflexion an den Spiegel-Elementen, die einen treppenförmigen Versatz zueinander aufweisen, vier linienförmige Ausgangsstrahlen. Um sowohl die Strahlhöhe als auch die Strahlqualität zu verbessern, kann es von Vorteil sein, die jeweils paarweise angeordneten Diodenlaserbarren über eine Polarisationsanordnung 34 zu einem Strahlquerschnitt zusammenzuführen. Eine solche Anordnung ist in Figur 10A dargestellt. In dieser Anordnung sind schematisch zwei Diodenlaserbarren 2 in y-Richtung mit Abstand zueinander angeordnet (der relativ große Abstand, wie er in Figur 10A in y-Richtung der beiden Diodenlaserbarren 2 dargestellt ist, ist nur zur besseren Darstellung gewählt). Die Polarisationsanordnung 34 besteht aus einem Polarisationsstrahlteiler und einer Lambda-Viertelplatte. Über diese Polarisationsanordnung 34 werden die beiden Strahlungsanteile zu einem gemeinsamen Ausgangsstrahl zusammengeführt. Für diese Zusammenführung kann ein Spiegelelement eingesetzt werden, wie es in den zuvor beschriebenen Figuren mit dem Bezugszeichen 12 bzw. der Reflexionsfläche 13 bezeichnet ist. Der Einsatz einer solchen Anordnung hat den Vorteil, daß die Strahlungsanteile ohne wesentliche Leistungsverluste zusammengeführt werden können.

Die Figur 10B zeigt eine weitere Anordnung, die von dem anhand der Figur 10A gezeigten und beschriebenen Prinzip Gebrauch macht. In diesem Fall sind jeweils zwei Gruppen aus jeweils einem Paar von Diodenlaserbarren 2, die alle gleiche Wellenlängen besitzen mit jeweils einer Polarisationsanordnung 34 unter einem Versatz in y-Richtung angeordnet; eine solche Anordnung ist mit der Anordnung der einzelnen Diodenlaserbarren 2 auf dem Halter 10, wie er beispielsweise in Figur 1 dargestellt

ist, vergleichbar. Die jeweiligen Strahlungsanteile werden über Umlenkspiegel 35 zu Ausgangsstrahlen zusammengeführt.

Üblicherweise werden in Anordnungen, wie sie vorstehend beschrieben sind, Diodenlaser mit gleicher Wellenlänge auf den einzelnen Stufen eingesetzt, so daß der Ausgangsstrahl im wesentlichen aus den Strahlungsanteilen der Diodenlaser mit entsprechender Wellenlänge zusammengesetzt sind.

In Figur 10C können die Strahlungsanteile zweier benachbarter Diodenlasergruppen mit unterschiedlichen Längenlängen λ_1 und λ_2 , die wiederum paarweise aufgebaut sind und deren Strahlung durch eine Polarisationsanordnung 34 zusammengeführt sind, auch mittels einer dichroitischen Komponenten 36 coaxial überlagert werden, wenn die Diodenlaser unterschiedliche Wellenlängen haben.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Formung des geometrischen Querschnitts eines Strahlungsfelds mehrerer Festkörper- und/oder Halbleiterlaser, insbesondere mehrerer Diodenlaserarrays bzw. -feldanordnungen, deren Strahlaustrittsöffnungen in einer in der x-y-Ebene liegenden Richtung verlaufen und deren Strahlenbündel in der z-Richtung abgestrahlt werden, wobei die x-, y- und z-Richtungen ein rechtwinkliges Koordinatensystem festlegen, mit einem optischen Aufbau zur Erzeugung eines definierten Querschnitts eines Strahlungsfelds, wobei der optische Aufbau reflektive Elemente aufweist, auf die die Strahlung der jeweiligen Laser oder Laserfeldanordnungen geführt wird und an denen die Strahlung reflektiert wird, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Laser oder jede Laserfeldanordnung (2) in Bezug auf den benachbarten Laser oder die Laserfeldanordnung (2) sowohl in x-Richtung als auch in y-Richtung zueinander versetzt ist und daß die Reflexionsflächen (13) der reflektiven Elemente (12; 18) in Ebenen angeordnet sind, die einen Versatz und/oder eine Verkipfung derart zueinander aufweisen, daß die jeweiligen, von den Reflexionsflächen (13) reflektierten Strahlungsanteile (14') senkrecht zu der Strahlungsausbreitungsrichtung gegenüber dem Versatz der Strahlungsaustrittsflächen zueinander versetzt sind.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Versatz sequentiell der Reihenfolge der Laser (2) entspricht.
3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflexionsflächen (13) jeweils einen unterschiedlichen Abstand zu den ihnen zugeordneten Strahlaustrittsöffnungen (3) der Laser (2) aufweisen.
4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Strahlungsanteil (14, 14') eines Lasers (2) oder einer Laserfeldanordnung ein zweites, reflektives Element (19) zugeordnet ist, wobei jeweils benachbarte Elemente der zweiten, reflektiven Elemente (19) einen Versatz derart zueinander aufweisen, daß durch diesen Versatz die jeweiligen Gesamtweglängen der Strahlungsanteile (14, 14') aneinander angepaßt werden.
5. Anordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der jeweilige Versatz und die jeweilige Abstandsänderung benachbarter Reflexionsflächen (13) von gleicher Größe sind.
6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflexionsflächen (13) der Elemente (12; 18) durch einen treppenartig aufgebauten Spiegel gebildet sind.
7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflexionsflächen (13) ebene Flächenbereiche sind.
8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Laser oder Laserfeldanordnungen in der z-Richtung zueinander versetzt sind.
9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Versatz sequentiell der Reihenfolge der Laser (2) entspricht.
10. Anordnung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Versatz der Laser (2) oder der Laserfeldanordnungen zu dem Versatz der reflektiven Elemente (12; 18; 19) in der sequentiellen Reihenfolge korreliert ist.

11. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Versatz der Laser (2) oder Laserfeldanordnungen zu dem Versatz der reflektiven Elemente (12; 18; 19) derart korreliert ist, daß bis zu einer Ebene (21), die in Strahlausbreitungsrichtung nach den reflektiven Elementen (12; 18; 19); und senkrecht zu der Strahlausbreitungsrichtung liegt, gleiche Weglängen der jeweiligen Strahlen gegeben sind.
12. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Laser (2) oder Laserfeldanordnungen auf einem treppenstufenförmigen Träger (10) angeordnet sind, wobei die Treppenstufen den Lasern (2) oder den Laserfeldanordnungen zugeordnet sind.
13. Anordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Laser (2) oder Laserfeldanordnungen parallel zu der Längserstreckung der Stufen des treppenstufenförmigen Trägers (10) abstrahlen.
14. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweiligen Strahlungsanteile (14, 14') auf eine den reflektiven Elementen nachgeordnete Ebene fokussiert werden, wobei im Bereich des Fokussierungspunkts die Eintrittsfläche mindestens eines Lichtleiters (27) angeordnet ist, in die die Strahlung eingekoppelt wird.
15. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweiligen Strahlungsanteile (14, 14') jedes Lasers (2) oder jeder Laseranordnung einem Lichtleiter (27) zugeordnet sind, in den die jeweiligen Strahlungsanteile (14') nach dem reflektiven Element (12) eingekoppelt werden.
16. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistung von mehreren Lasern oder Laserfeldanordnungen durch Polarisation und/oder Wellenlängenkopplung zusammengeführt wird.
17. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Laser oder Laserfeldanordnungen in mindestens zwei Gruppen unterteilt werden, und daß die Strahlleistung der jeweiligen Gruppen zusammengeführt

wird, allerdings die Leistung jeder Gruppe unabhängig der jeweils anderen Gruppe geregelt wird.

18. Anordnung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweilige Gruppe des einen Lasers oder der Laserfeldanordnung mit der jeweiligen, entsprechenden Gruppe der anderen Laser oder Laserfeldanordnung elektrisch gekoppelt und optisch zusammengeführt wird.
19. Anordnung nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß die gesamte Leistung einer jeweiligen Strahlungsgruppe, die aus den einzelnen Strahlungsleistungen der jeweils zugeordneten Gruppe der einzelnen Laser oder der Laserfeldanordnungen zusammengesetzt ist, in eine Faser eingekoppelt wird.

1/11

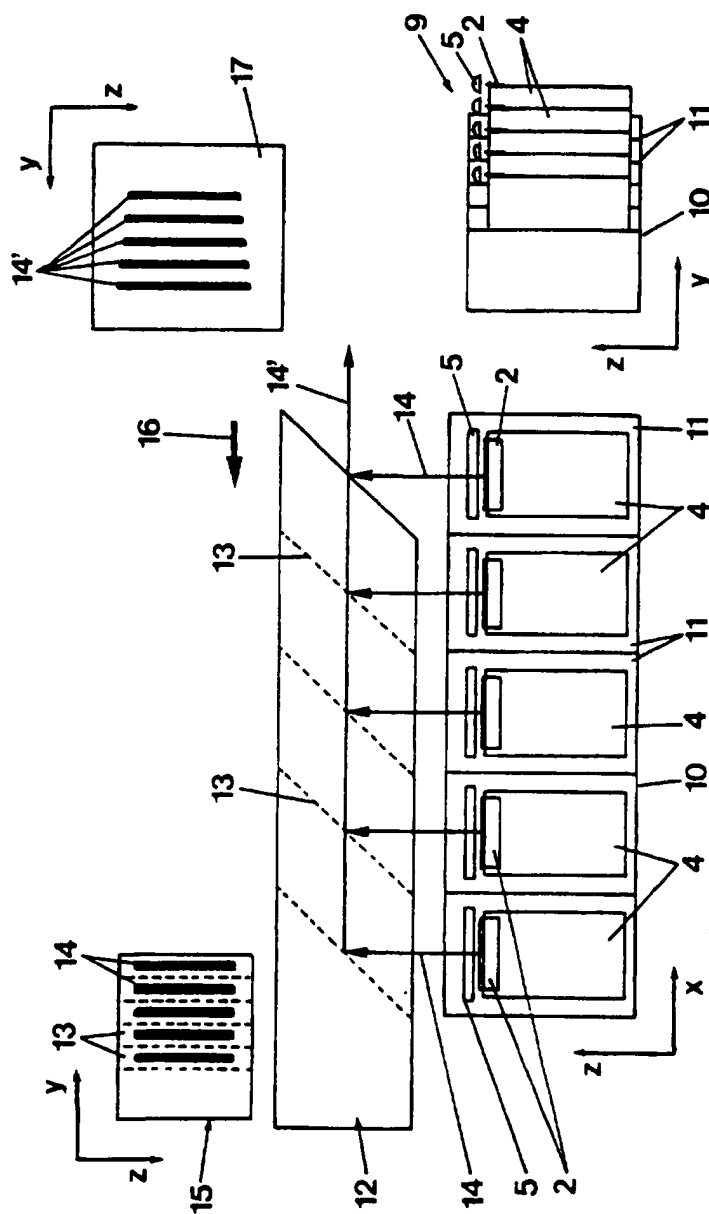


FIG.1

2/11

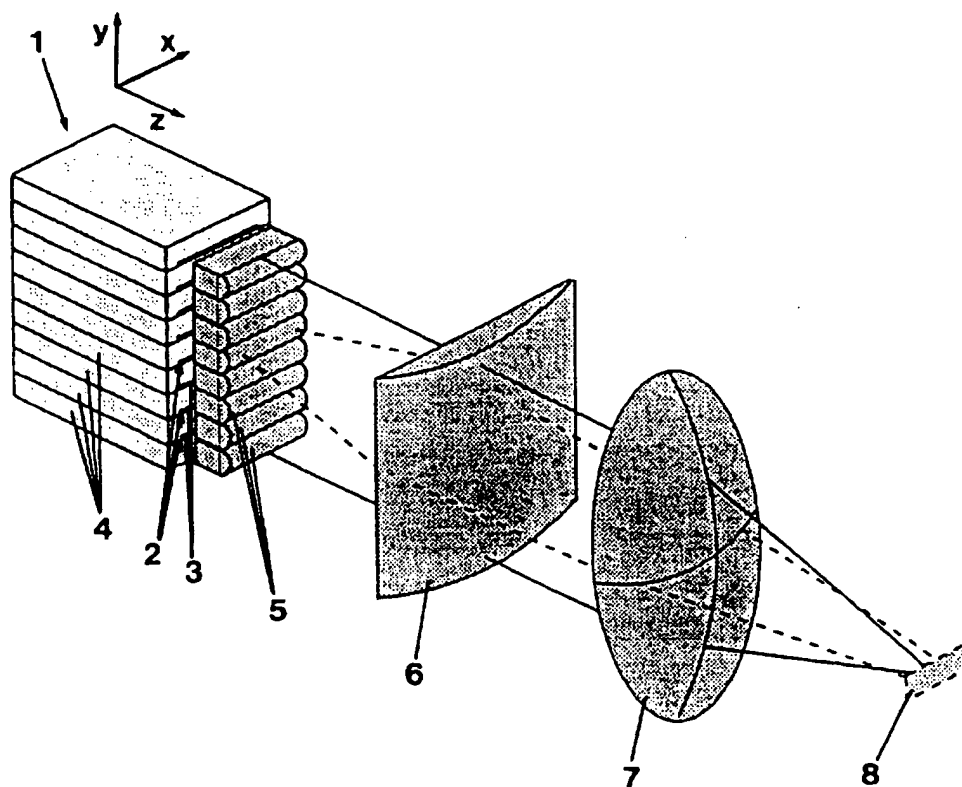


FIG. 2

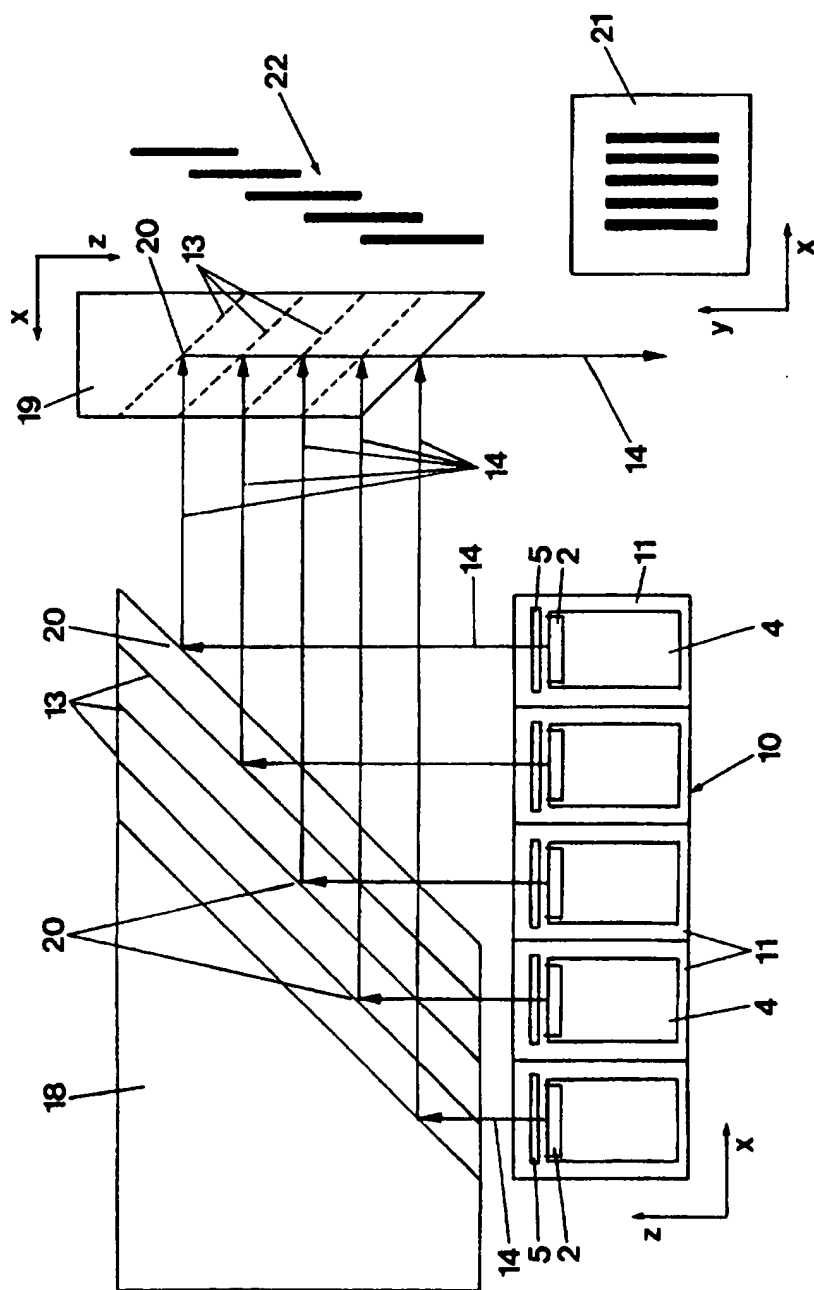
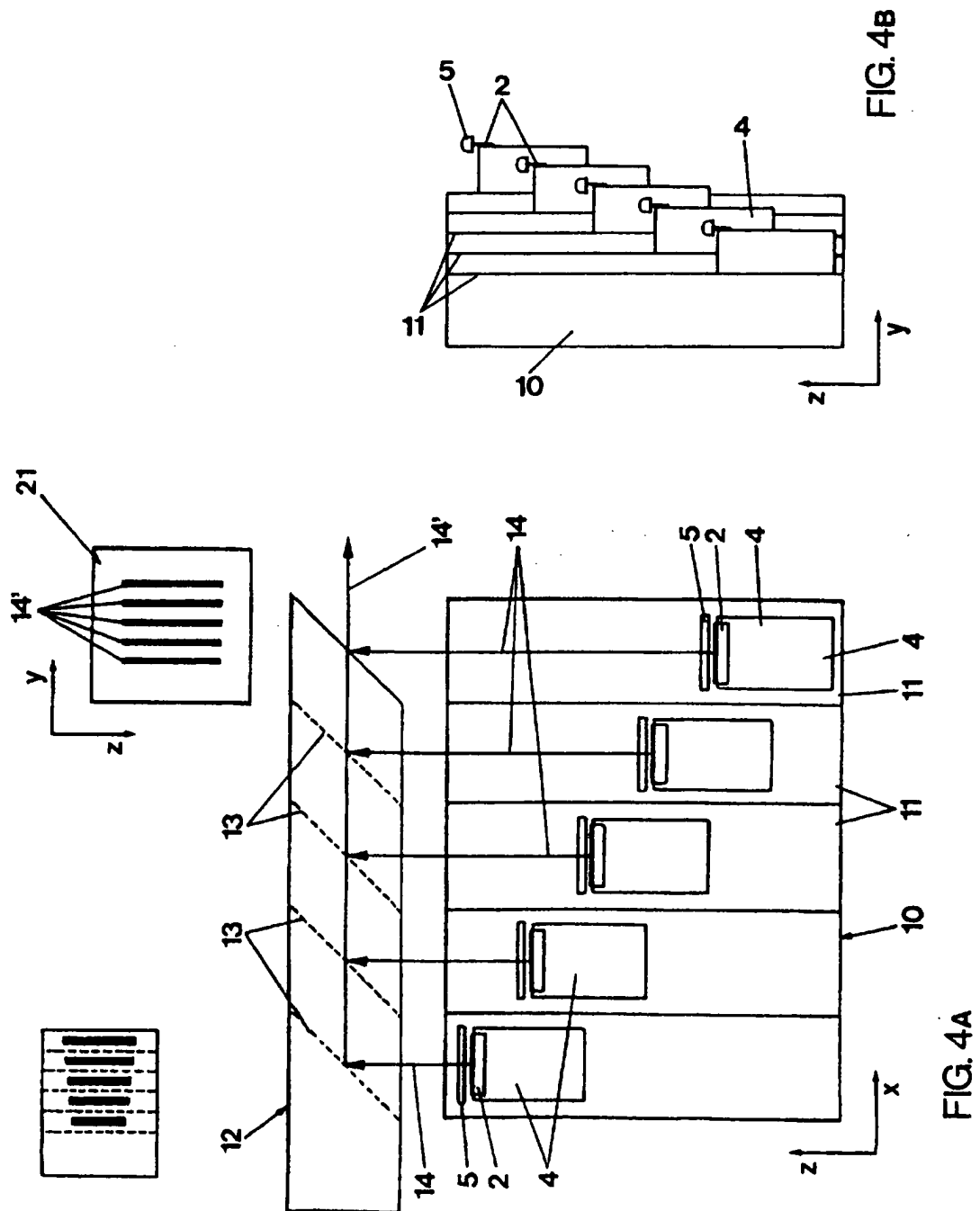
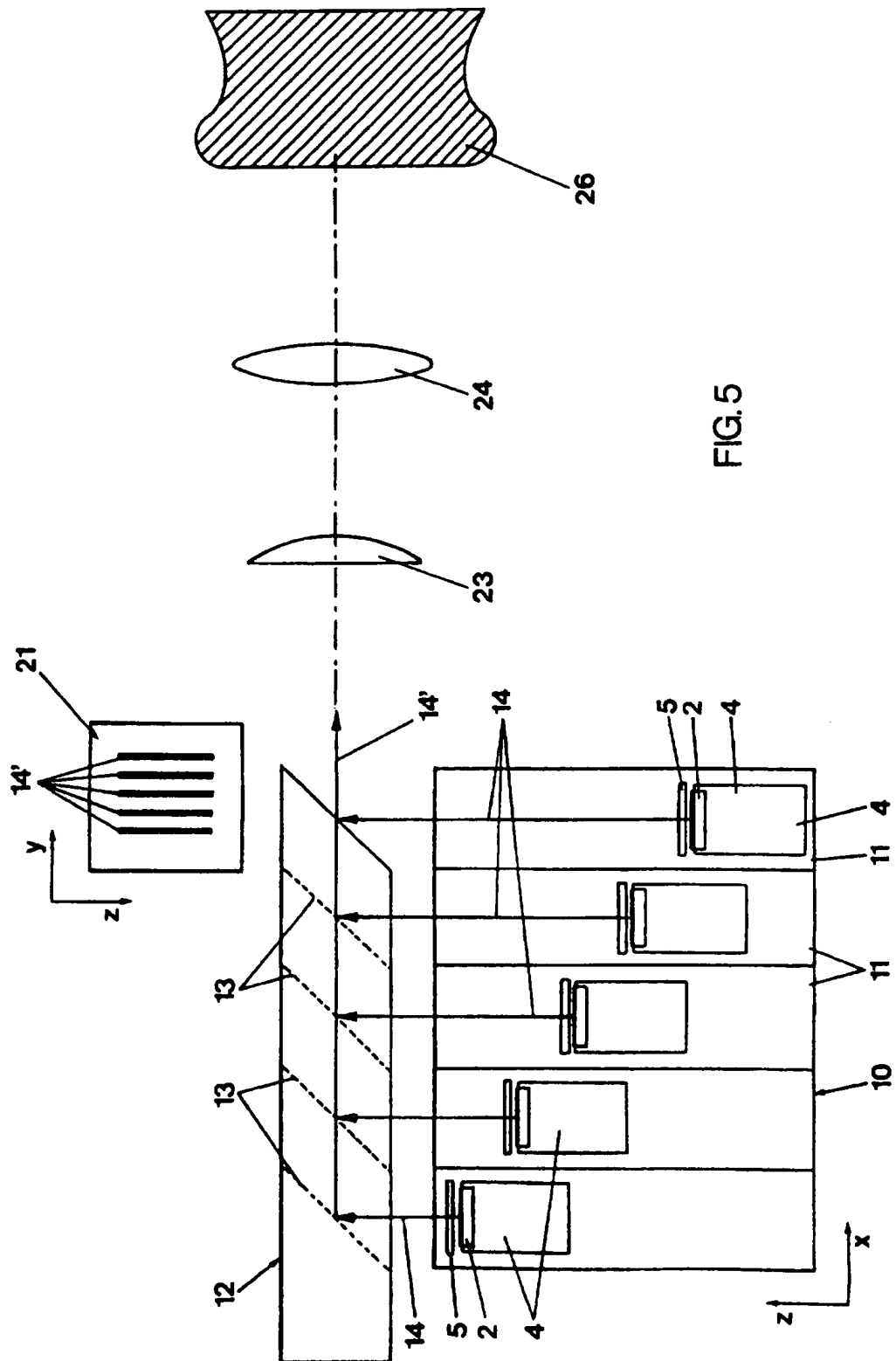


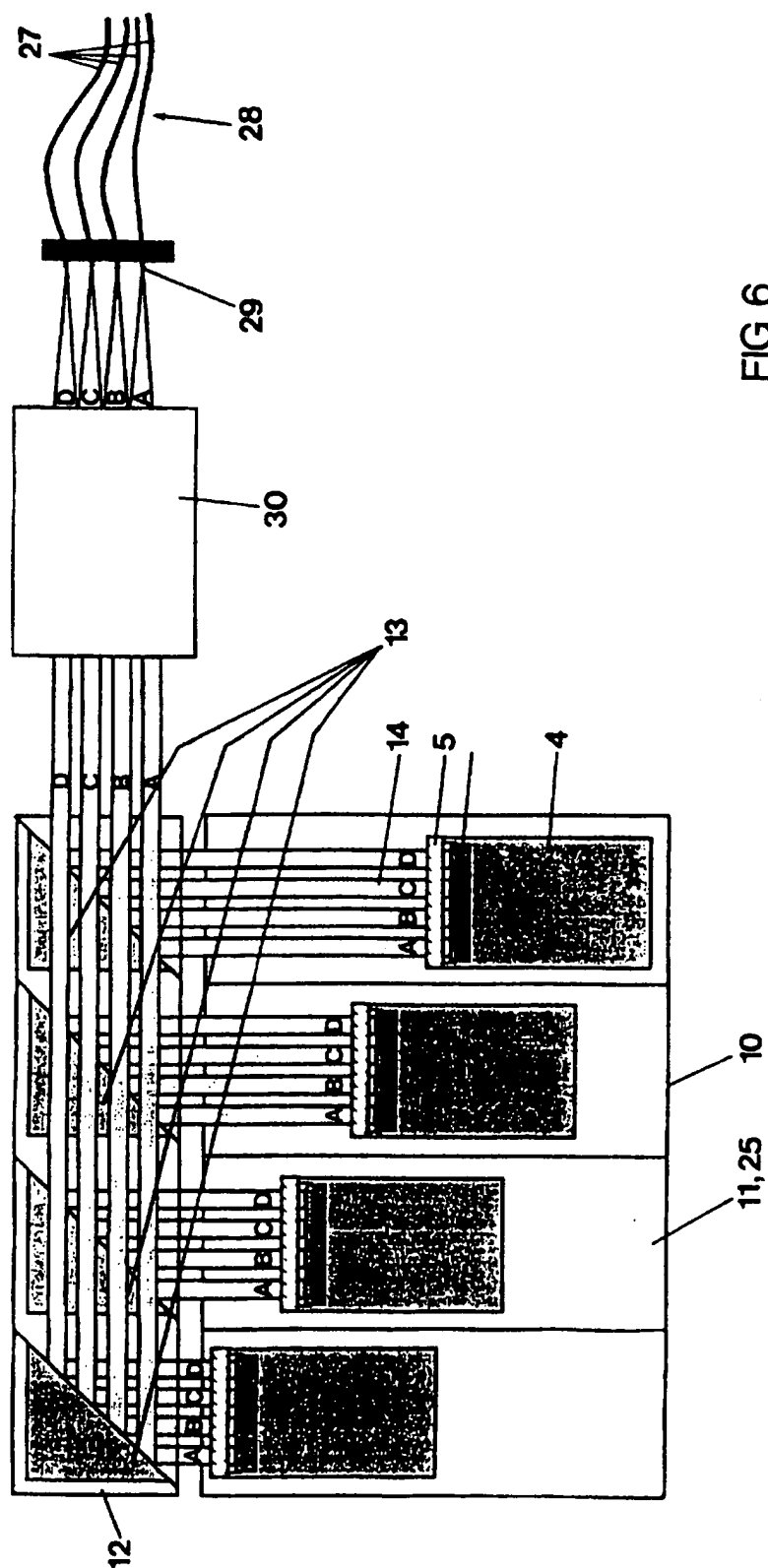
FIG. 3

4/11

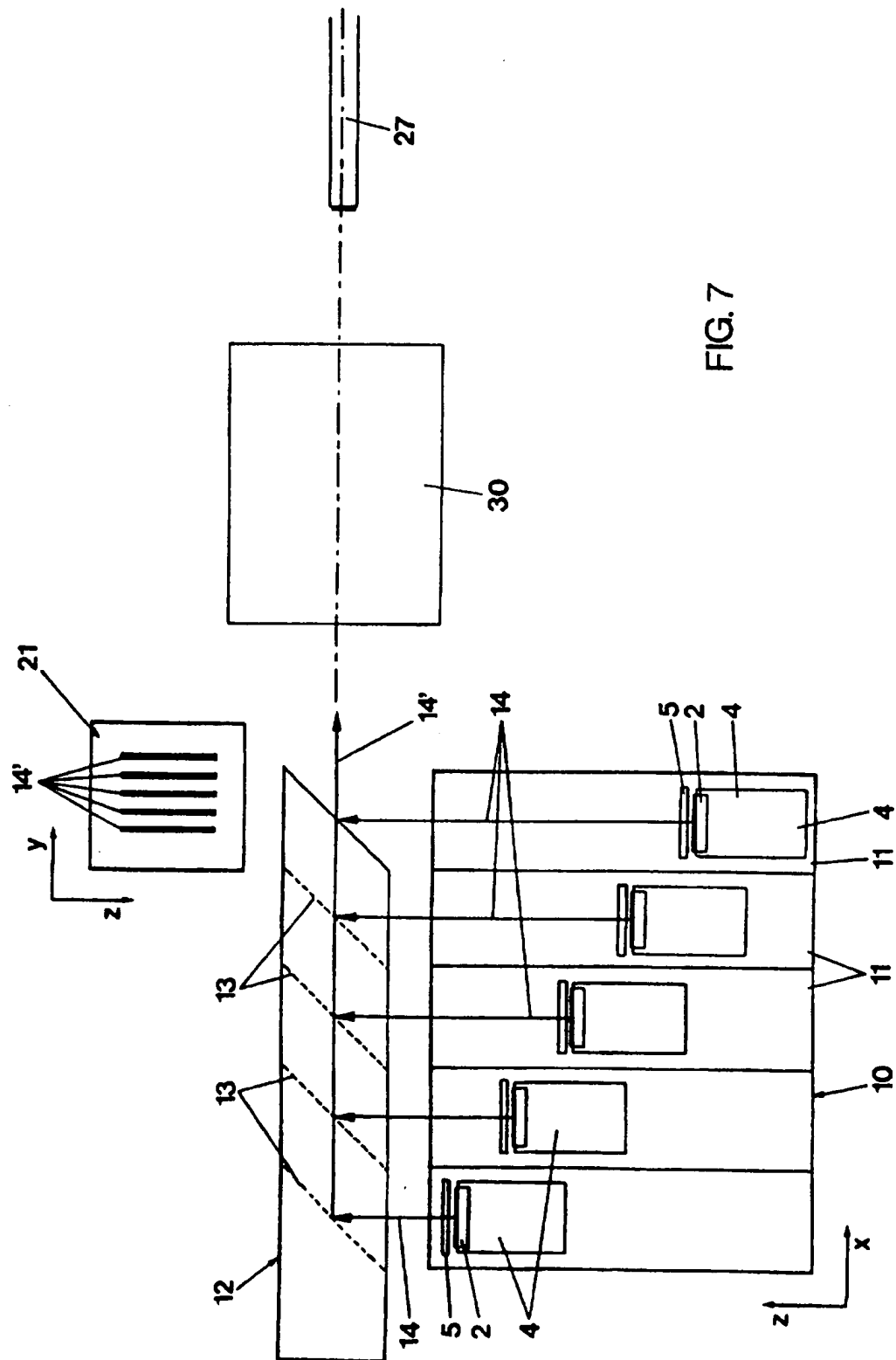




6/11



7/11



8/11

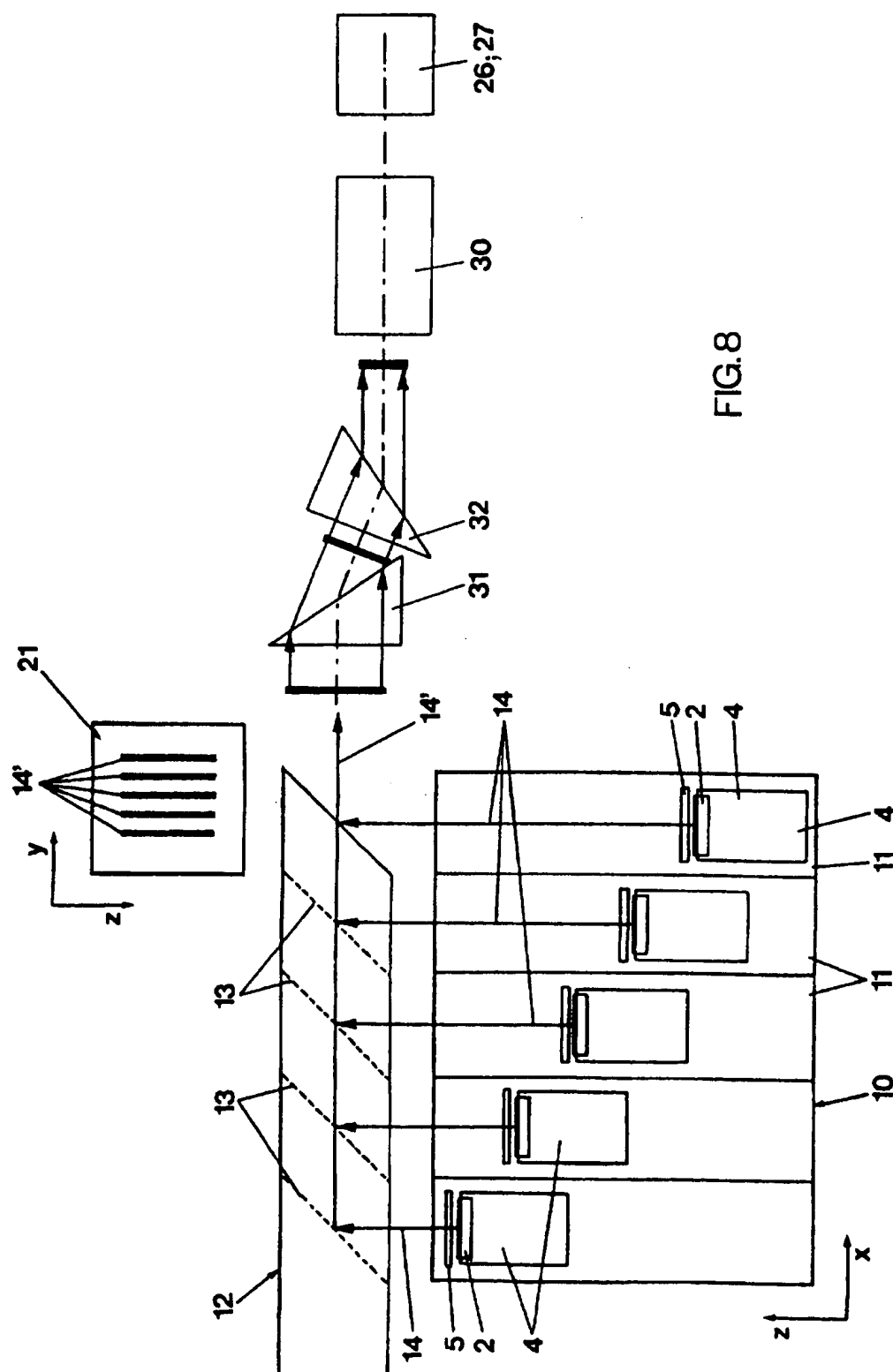


FIG. 8

9/11

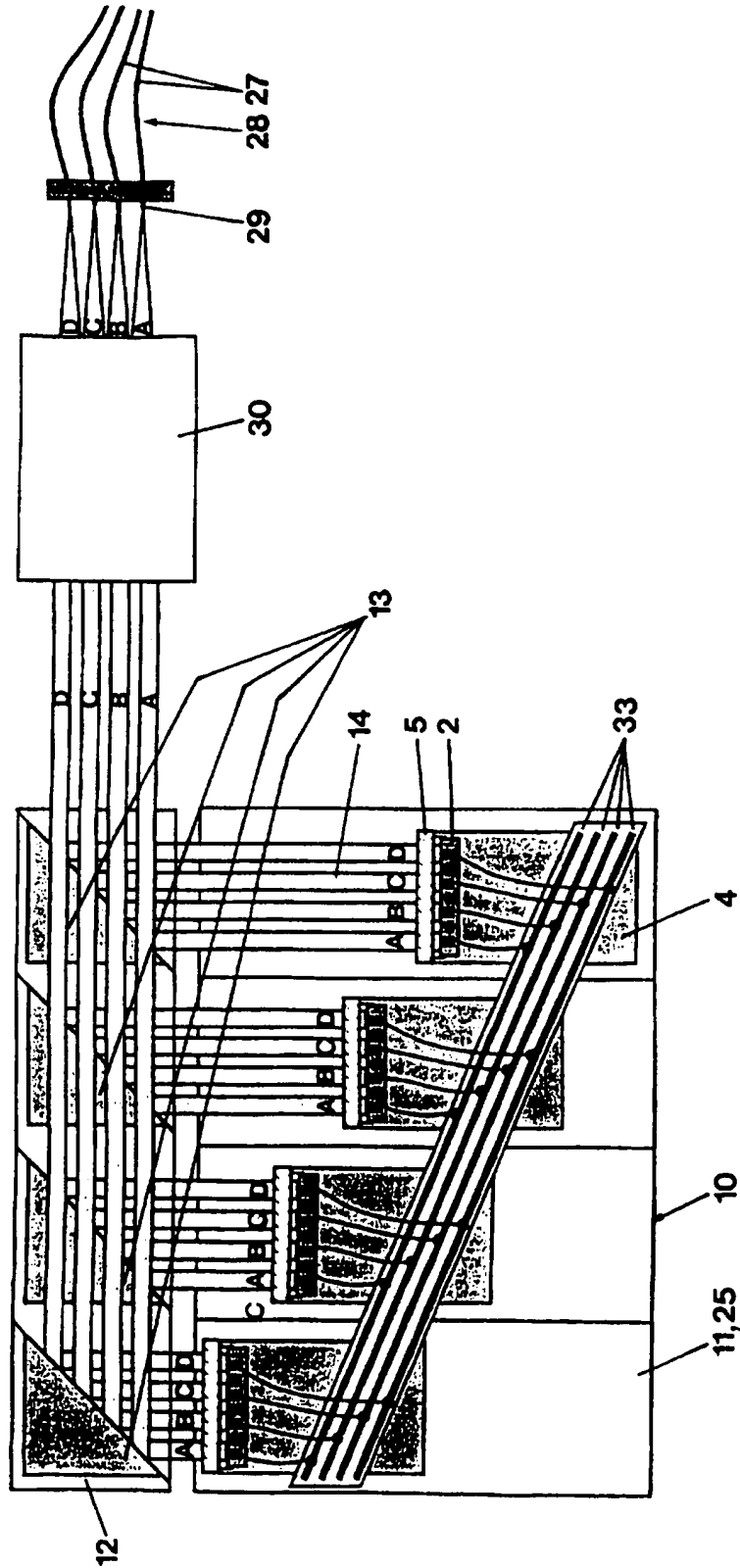


FIG. 9

10/11

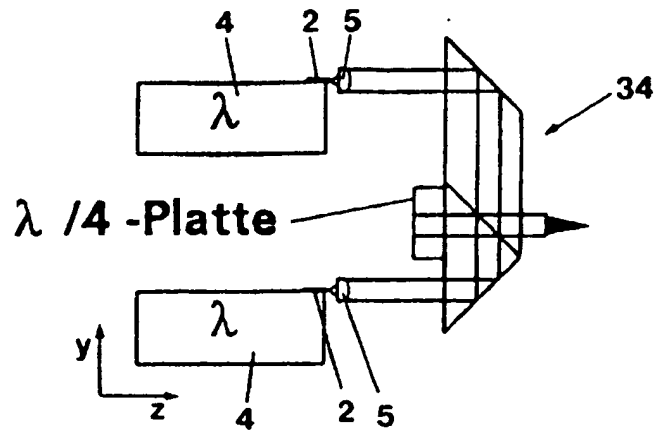


FIG. 10A

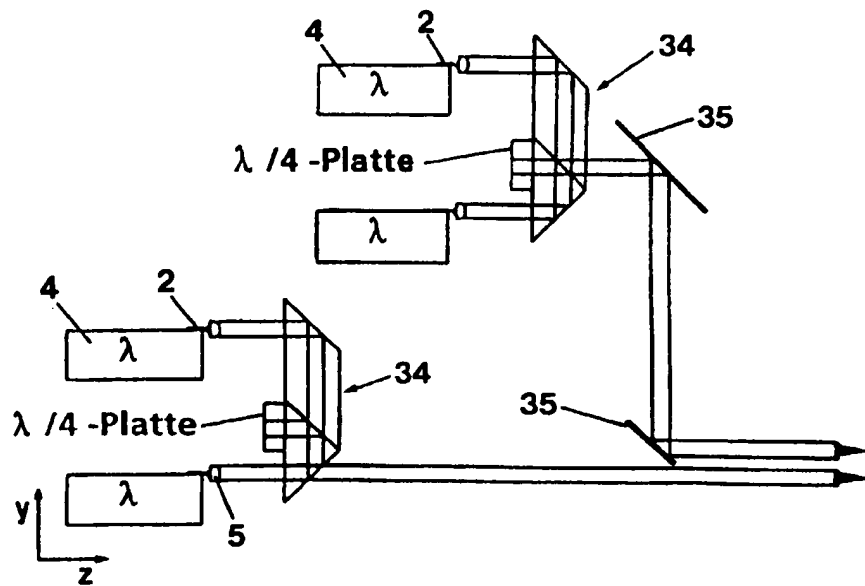


FIG. 10B

11/11

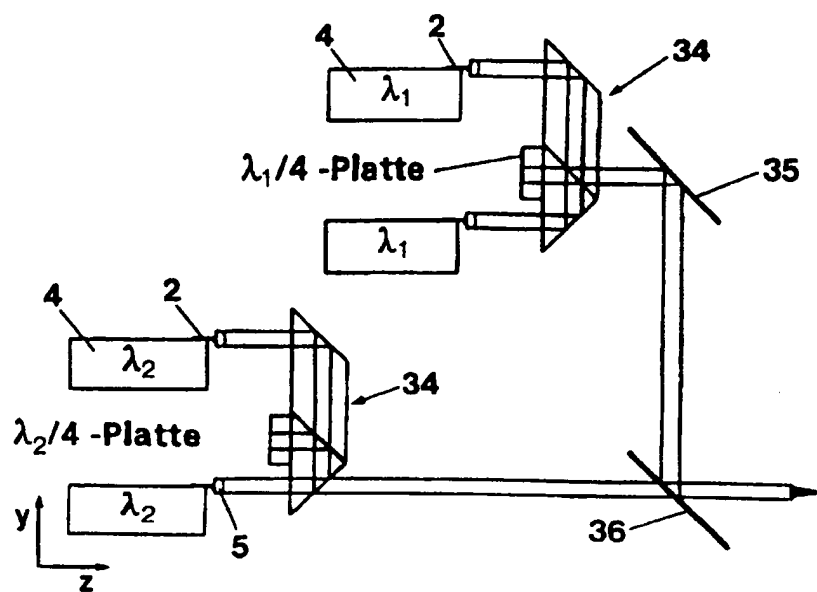


FIG. 10c

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 97/00823

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G02B27/09 G02B27/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 978 197 A (HORIKAWA KAZUO) 18 December 1990 see column 5, line 3 - column 8, line 54; figures 1-4	1-3,5-7, 16-18
A	--- US 4 958 893 A (NOGUCHI MASARU ET AL) 25 September 1990 see column 3, line 30 - column 4, line 67; figures 1-4	1-7
A	--- US 5 048 911 A (SANG LOW K ET AL) 17 September 1991 see column 2, line 20 - column 3, line 21; figures 2-4	1-5,7,14
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- * "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- * "E" earlier document but published on or after the international filing date
- * "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- * "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- * "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- * "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- * "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- * "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- * "A" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 May 1997

Date of mailing of the international search report

04.06.97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

THEOISTOU, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 97/00823

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 418 880 A (LEWIS JOHN R ET AL) 23 May 1995 see column 7, line 64 - column 14, line 46; figures 6-13 ---	1-7,14, 15
A	WO 95 15510 A (UNIV SOUTHAMPTON) 8 June 1995 see page 6, line 30 - page 15, line 22; figures 1,3-5,7,8 -----	1-7,14, 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 97/00823

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4978197 A	18-12-90	JP 2060179 A	28-02-90
US 4958893 A	25-09-90	JP 6027901 B	13-04-94
		JP 61208023 A	16-09-86
US 5048911 A	17-09-91	NONE	
US 5418880 A	23-05-95	CA 2196170 A	15-02-96
		EP 0772901 A	14-05-97
		WO 9604701 A	15-02-96
WO 9515510 A	08-06-95	EP 0731932 A	18-09-96

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 97/00823

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G02B27/09 G02B27/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 978 197 A (HORIKAWA KAZUO) 18.Dezember 1990 siehe Spalte 5, Zeile 3 - Spalte 8, Zeile 54; Abbildungen 1-4 ---	1-3,5-7, 16-18
A	US 4 958 893 A (NOGUCHI MASARU ET AL) 25.September 1990 siehe Spalte 3, Zeile 30 - Spalte 4, Zeile 67; Abbildungen 1-4 ---	1-7
A	US 5 048 911 A (SANG LOW K ET AL) 17.September 1991 siehe Spalte 2, Zeile 20 - Spalte 3, Zeile 21; Abbildungen 2-4 --- -/-	1-5,7,14

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- 'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- 'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- 'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- 'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- 'P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

'T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

'X' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

'Y' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

'&' Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14.Mai 1997

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04.06.97

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

THEOPISTOU, P

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 97/00823

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 418 880 A (LEWIS JOHN R ET AL) 23.Mai 1995 siehe Spalte 7, Zeile 64 - Spalte 14, Zeile 46; Abbildungen 6-13 ---	1-7,14, 15
A	WO 95 15510 A (UNIV SOUTHAMPTON) 8.Juni 1995 siehe Seite 6, Zeile 30 - Seite 15, Zeile 22; Abbildungen 1,3-5,7,8 -----	1-7,14, 15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 97/00823

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4978197 A	18-12-90	JP 2060179 A	28-02-90
US 4958893 A	25-09-90	JP 6027901 B	13-04-94
		JP 61208023 A	16-09-86
US 5048911 A	17-09-91	KEINE	
US 5418880 A	23-05-95	CA 2196170 A	15-02-96
		EP 0772901 A	14-05-97
		WO 9604701 A	15-02-96
WO 9515510 A	08-06-95	EP 0731932 A	18-09-96